

5th the International Conference
on Science and Technology 2015

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Kokshina A.V.

STRUCTURAL, OPTICAL AND VOLTAMMETRIC INVESTIGATION OF THIN-FILM SYSTEMS CdO-LCC

Kokshina A.V., Russia, Chuvash state University named
after I.N. Ulyanov, postgraduate student

Abstract

This article presents the results of a study of the influence of films linear-chain carbon (LCC) on the properties of the thin film of CdO. For the study of properties of samples were used methods of Raman spectroscopy, scanning probe microscopy, spectrophotometry and voltammetry. During the research it was found that the introduction of linear-chain carbon in the system CdO improves the properties of the system, reducing the band gap and increasing the photosensitivity.

Keywords: thin films, cadmium oxide, linear-chain carbon, thermal oxidation, photoconductive thin film system.

Одним из важных направлений современных научных исследований является формирование наноструктурных соединений, обладающих свойством фоточувствительности, а также высокой оптической прозрачностью и низким удельным сопротивлением. Это обусловлено возможностью практического применения данных соединений в качестве фотоспротивлений, различных датчиков, солнечных элементов, прозрачных проводящих покрытий. Наибольший интерес в этом плане представляют тонкие пленки оксидов металлов, обладающие такими уникальными свойствами, как высокий оптический коэффициент пропускания в видимой области солнечного спектра и высокой электропроводности.

5th the International Conference
on Science and Technology 2015

Пленки линейно-цепочечного углерода представляют собой двумерную упорядоченную структуру, состоящую из цепочек углеродных атомов, объединенных sp^1 -гибридизацией. Цепочки углерода ориентированы перпендикулярно поверхности подложки и организованы в гексагональную плотноупакованную решетку. Цепочки объединены силами Ван-дер-Ваальса в гексагональную структуру с расстояниями между ними в 5 Å. Структура пленки ЛЦУ приведена на рисунке 1. Вдоль цепочек проводимость пленки металлическая, поперек пленка представляет собой диэлектрик [1].

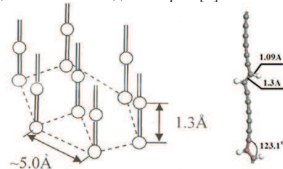


Рис.1. Модель структуры пленки ЛЦУ [2].

В данной работе представлено исследование влияния линейно-цепочечного углерода на свойства оксида кадмия.

Пленки CdO получали методом термического окисления, не требующим создания особых условий и затрат большого количества времени для получения окисной пленки. Для подбора оптимальных условий синтеза тонких пленок CdO на подложку из кремния или стекла термическим испарением в вакууме наносились пленки Cd. Затем эти пленки отжигались в атмосфере воздуха в вакуумной печи МИМП-ВМ при различных температурах (от 250 до 400 градусов по Цельсию) и в течение различного времени (20–40 мин.). Тонкопленочную систему CdO-ЛЦУ получали нанесением на пленку CdO ионно-плазменным способом пленки линейно-цепочечного углерода толщиной 100 нм, после чего производился отжиг полученной системы [3].

Исследования спектров комбинационного рассеяния света проводилось на спектрометре комбинационного рассеяния света Horiba Jobin Yvon T64000 с приставкой микро-КР. Исследование спектров проводилось на диапазоне $100\div 1750\text{ см}^{-1}$ в области, где находятся КР-линии кадмия и оксида кадмия.

Характерный вид поверхности в оптическом микроскопе для пленок приведен на рисунке 2. Спектры КР приведены на рисунке 3.

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

Результаты спектроскопии комбинационного рассеяния света показывают, что полученная пленка действительно является оксидом кадмия.

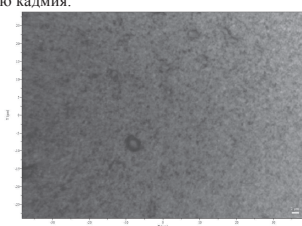


Рисунок 2 – вид образца при увеличении x 1000

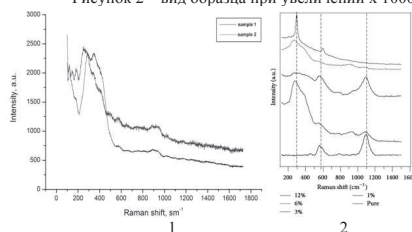


Рис. 3. 1) Спектры комбинационного рассеяния образцов CdO (отжиг при температуре 350 °С): obr1 - в течение 20 мин, obr2 – в течение 40 минут; 2) Спектры комбинационного рассеяния образцов CdO из [4]

Исследования топологии поверхности CdO, проведенные на зондовом микроскопе Solver Next в атомно-силовом режиме, показывают, что пленка имеет поликристаллическую структуру, диаметр кластеров составляет 200-300 нм, толщина пленки составляет 200 нм. При нанесении пленки ЛЦУ толщиной 100 нм на пленку оксида кадмия и последующем отжиге, кластеры увеличиваются в размере.

Спектры пропускания и поглощения пленочных систем CdO и CdO-ЛЦУ исследовались на спектрофотометре Lambda 25 в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм, спектры отражения – на спектроэллипсометре в спектральном диапазоне 350-900

нм. Спектры отражения и пропускания пленки CdO представлены на рисунке 4.

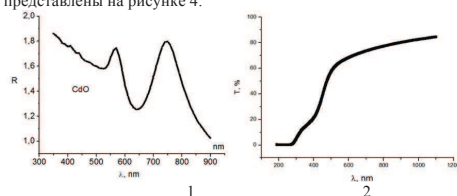


Рис 4. Спектры отражения (1) и пропускания (2) пленки CdO

Оптические исследования показали, что полученные пленки CdO и CdO-ЛЦУ являются достаточно прозрачными в видимой области спектра, что говорит о перспективности применения их в качестве прозрачных проводящих покрытий. На рис. 5 приведено сравнение спектров пропускания исследуемых пленок. Добавление в систему CdO линейно-цепочечного углерода незначительно уменьшает ее прозрачность.

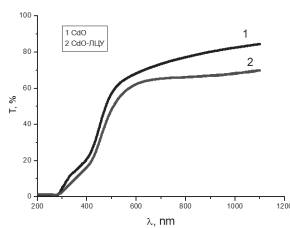


Рис. 5. Спектр пропускания пленок CdO и CdO-ЛЦУ

Оптическая ширина запрещенной зоны исследуемых пленок вычислялась по методу, описанному в [5] и составила для пленки CdO 2,5 эВ, что согласуется с исследованиями российских и зарубежных коллег, занимающихся изучением данного соединения, для пленки CdO-ЛЦУ - 2,3 эВ, то есть, внедрение в пленку окиси кадмия линейно-цепочечного углерода уменьшает ее ширину запрещенной зоны.

5th the International Conference
on Science and Technology 2015

Полученная пленка окиси кадмия обладает фоточувствительными свойствами, которые проявляются не только у пленок, нанесенных на подложку из кремния, но и нанесенных на подложку из стекла. На рисунке 6(1) и 6(2) показаны фотоотклики систем CdO и CdO-ЛЦУ, нанесенных на подложку из кремния. Пленка линейно-цепочечного углерода увеличивает фотоотклик исследуемой системы.

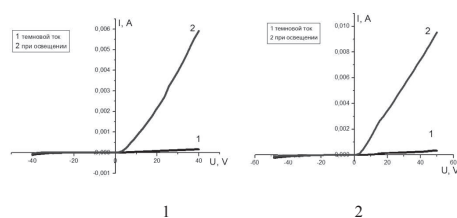


Рис. 6. Фотоотклик системы Si-CdO(1) и системы Si-CdO-ЛЦУ(2)

Полученные данные согласуются с исследованиями прошлых лет, проведенными авторами этой статьи [6], что говорит о повторяемости и стабильности свойств синтезируемой пленки CdO. Эксперименты свидетельствуют о состоятельности применения метода их синтеза путем термического окисления. Таким образом, полученная пленка действительно является окисью кадмия, имеет поликристаллическую структуру и толщину порядка 200 нм, является полупроводником *n*-типа, с шириной запрещенной зоны 2,5 эВ и обладает фоточувствительностью, что говорит о состоятельности применения метода синтеза данных пленок путем термического окисления. Добавление в систему линейно-цепочечного углерода качественно улучшает ее свойства. Толщина системы CdO-ЛЦУ составляет 300 нм, ширина запрещенной зоны – 2,3 эВ. Наличие у данных систем прозрачности и фотоактивности говорит о перспективности их применения в качестве прозрачных электродов, антиотражающих покрытий в фотоэлектрических преобразователях, солнечных элементах и других оптоэлектронных устройствах.

**5th the International Conference
on Science and Technology 2015**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
РФФИ в рамках научного проекта № 14-02-31203 «мол_а» и
проекта № 13-02-97071.*

References:

- [1] Guseva MB, Babaev VGNovikov ND. New carbon materials for medical and ecological applications // Journal of Wide Bandgap Materials, 2002, № 4(9), p. 273-291
- [2] Heimann RB, Kleiman J, Salansky NM. A unified structural approach to linear carbon polytypes // Nature, 1983, №306(5939), p. 164–167.
- [3] Kokshina AV. The study of the structural properties of the thin film of CdO // Collection of Materials of III All-Russian Conference "Nanostructured materials and devices for converting solar energy", Cheboksary, 2015, p. 29-31.
- [4] Ortega M., Santana IG., Morales-Acevedo A. Optoelectronic properties of CdO-Si heterojunctions // Superficies y Vacío. 1999. № 9. C. 294–295.
- [5] Vasilevsky AM, Kononov GA, Popov MF. Optical-physical methods of research: guidelines for laboratory work. St. Petersburg, Publishing House of the St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", 2011.
- [6] Kokshina AV, Kochakov VD, Smirnov AV. Photoactive layer system Cd-carbon // International Scientific Journal "Alternative Energy and Ecology" (ISJAEE). 2014. № 17. p. 72-77.